

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
24. Februar 2005 (24.02.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2005/017634 A2

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **G05B 19/35**

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/008695

(22) Internationales Anmeldedatum:
3. August 2004 (03.08.2004)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
103 36 820.5 11. August 2003 (11.08.2003) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **PHYSIK INSTRUMENTE (PI) GMBH & CO. KG**
[DE/DE]; Auf der Römerstrasse 1, 76228 Karlsruhe (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **GEYER, Bernhard**
[DE/DE]; Rüppurrerstrasse 8, 76137 Karlsruhe (DE).
BESCH, Berthold [DE/DE]; Augartenstrasse 18, 76137
Karlsruhe (DE). **JORDAN, Scott** [US/US]; 6537 Fall
River Dr., San Jose, CA 95120 (US).

(74) Anwalt: **KRUSPIG, Volkmar**; Meissner, Bolte & Partner,
Postfach 86 06 24, 81633 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,
GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM,
ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), curasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT,
RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA,
GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu ver-
öffentlichen nach Erhalt des Berichts

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Ab-
kürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Co-
des and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der
PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: METHOD AND CIRCUIT ARRANGEMENT FOR THE PRECISE, DYNAMIC DIGITAL CONTROL OF ESPE-
CIALLY PIEZOELECTRIC ACTUATORS FOR MICROPOSITIONING SYSTEMS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND SCHALTUNGSANORDNUNG ZUR PRÄZISEN, DYNAMISCHEN DIGITALEN AN-
STEUERUNG VON INSBESONDERE PIEZOAKTOREN FÜR MIKROPOSITIONIERSYSTEME

(57) Abstract: The invention relates to a method and to a circuit arrangement for the precise, dynamic digital control of especially piezoelectric actuators for micropositioning systems, comprising a regulator, whereby, in order to minimize position order deviations, the future system behavior is estimated and current correction signals for the purpose of feedforward correction are obtained. The aim of the invention is to reduce latency times in the feedforward loop of the scanner system. For this purpose, the signal of the command variable is passed over a switched bypass to a high-resolution digital-to-analog converter, said converter being operated at the scan rate of the scanner system. The feedforward loop leads to a fast digital-to-analog converter which is controlled in a scanner system-independent manner. The output signals of the converters representing the control voltages are added to the device to be controlled, especially they are forwarded to a piezoelectric actuator which together with the position sensor forms the controlled system.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Schaltungsanordnung zur präzisen, dynamischen digitalen Ansteuerung von insbesondere Piezoaktoren für Mikropositioniersysteme mit einem Regler, wobei zur Minimierung von Positions-Folge-Abweichungen das zukünftige Systemverhalten abgeschätzt und aktuelle Korrektursignale im Sinne einer Feedforward-Korrektur gewonnen werden. Erfindungsgemäß gelangt zur Reduzierung von Latenzzeiten im Feedforward-Zweig des Abtastsystems das Signal der Führungsgröße über einen schaltbaren Bypass auf einen Digital-Analog-Wandler höchster Auflösung, wobei dieser Wandler mit der Abtastrate des Abtastsystems betrieben wird. Weiterhin führt die Feedforward-Strecke auf einen schnellen Digital-Analog-Wandler, welcher abtastsystemunabhängig angesteuert wird. Die die Steuerspannungen repräsentierenden Ausgangssignale der Wandler werden addiert zur anzusteuern Einrichtung, insbesondere einem Piezoaktor weitergeleitet, welcher mit einem Positionssensor die Regelstrecke bildet.

WO 2005/017634 A2

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
24. Februar 2005 (24.02.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2005/017634 A3

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **G05B 19/35**

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/008695

(22) Internationales Anmeldedatum:
3. August 2004 (03.08.2004)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
103 36 820.5 11. August 2003 (11.08.2003) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **PHYSIK INSTRUMENTE (PI) GMBH & CO. KG**
[DE/DE]; Auf der Römerstrasse 1, 76228 Karlsruhe (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **GEYER, Bernhard**
[DE/DE]; Rüppurrerstrasse 8, 76137 Karlsruhe (DE).

BESCH, Berthold [DE/DE]; Augartenstrasse 18, 76137
Karlsruhe (DE). **JORDAN, Scott** [US/US]; 6537 Fall
River Dr., San Jose, CA 95120 (US).

(74) Anwalt: **KRUSPIG, Volkmar**; Meissner, Bolte & Partner,
Postfach 86 06 24, 81633 München (DE).

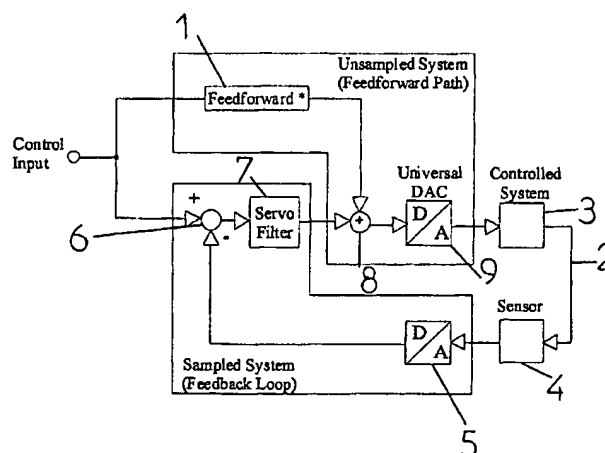
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,
GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM,
ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND CIRCUIT ARRANGEMENT FOR THE PRECISE, DYNAMIC DIGITAL CONTROL OF ESPE-
CIALLY PIEZOELECTRIC ACTUATORS FOR MICROPOSITIONING SYSTEMS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND SCHALTUNGSANORDNUNG ZUR PRÄZISEN, DYNAMISCHEN DIGITALEN AN-
STEUERUNG VON INSBESONDERE PIEZOAKTOREN FÜR MIKROPOSITIONIERSYSTEME



(57) Abstract: The invention relates to a method and to a circuit arrangement for the precise, dynamic digital control of especially piezoelectric actuators for micropositioning systems, comprising a regulator, whereby, in order to minimize position order deviations, the future system behavior is estimated and current correction signals for the purpose of feedforward correction are obtained. The aim of the invention is to reduce latency times in the feedforward loop of the scanner system. For this purpose, the signal of the command variable is passed over a switched bypass to a high-resolution digital-to-analog converter, said converter being operated at the scan rate of the scanner system. The feedforward loop leads to a fast digital-to-analog converter which is controlled in a scanner system-independent manner. The output signals of the converters representing the control voltages are added to the device to be controlled, especially they are forwarded to a piezoelectric actuator which together with the position sensor forms the controlled system.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2005/017634 A3



GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(88) Veröffentlichungsdatum des internationalen
Recherchenberichts:

23. Juni 2005

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Schaltungsanordnung zur präzisen, dynamischen digitalen Ansteuerung von insbesondere Piezoaktoren für Mikropositioniersysteme mit einem Regler, wobei zur Minimierung von Positions-Folge-Abweichungen das zukünftige Systemverhalten abgeschätzt und aktuelle Korrektursignale im Sinne einer Feedforward-Korrektur gewonnen werden. Erfindungsgemäß gelangt zur Reduzierung von Latenzzeiten im Feedforward-Zweig des Abtastsystems das Signal der Führungsgröße über einen schaltbaren Bypass auf einen Digital-Analog-Wandler höchster Auflösung, wobei dieser Wandler mit der Abtastrate des Abtastsystems betrieben wird. Weiterhin führt die Feedforward-Strecke auf einen schnellen Digital-Analog-Wandler, welcher abtastsystemunabhängig angesteuert wird. Die die Steuerspannungen repräsentierenden Ausgangssignale der Wandler werden addiert zur anzusteuermnden Einrichtung, insbesondere einem Piezoaktor weitergeleitet, welcher mit einem Positionssensor die Regelstrecke bildet.